

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Air Limbah

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air (Sugiarto, 1987). Bahan buangan organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu akan sangat bijaksana apabila bahan buangan yang termasuk kelompok ini tidak dibuang ke air lingkungan karena akan meningkatkan populasi mikroorganisme di dalam air.

Dengan bertambahnya mikroorganisme di dalam air maka tidak tertutup pula kemungkinan untuk ikut berkembangnya bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia. Oleh karena itu, kegiatan pembangunan peternakan perlu memperhatikan daya dukung lingkungan. Usaha peternakan sapi dengan skala usaha lebih dari 20 ekor relatif terlokalisasi akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, antara lain dapat meningkatkan kandungan Biological Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid (TSS).

Biological Oxygen Demand, atau kebutuhan oksigen biologis, adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah bahan buangan organik yang ada di dalam air lingkungan tersebut. Sebenarnya peristiwa penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan adalah

proses alamiah yang mudah terjadi apabila air lingkungan mengandung oksigen yang cukup.

Pada umumnya air lingkungan atau air alam mengandung mikroorganisme yang dapat memakan, memecah, mengurai bahan buangan organik. Jumlah mikroorganisme dalam air lingkungan tergantung pada tingkat kebersihan air. Air yang bersih biasanya mengandung jumlah mikroorganisme yang relatif lebih sedikit, sedangkan air yang berasal dari bungan atau limbah cair peternakan yang berasal mengandung jumlah mikroorganisme yang relatif lebih banyak jika dibandingkan dengan air yang bersih. Apabila kandungan oksigen dalam air lingkungan menurun maka kemampuan bakteri aerob untuk memecah bahan buangan organik akan menurun pula.

Dekomposisi bahan organik pada dasarnya terjadi melalui dua tahap. Pada tahap pertama, bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Pada tahap kedua, bahan anorganik yang lebih stabil, misalnya amonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat (nitrifikasi). BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (biodegradable). Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, kanji, glukosa, aldehida, ester, dan sebagainya. Bahan organik merupakan hasil pembusukkan tumbuhan dan hewan yang telah mati atau hasil dari buangan limbah seperti limbah cair peternakan sapi.

Sedangkan Total Suspended Solid adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan pada air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendapkan secara langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran dan beratnya lebih kecil dari pada sedimen. Pada limbah cair peternakan, kandungan

padatan tersuspensi sangatlah tinggi, sehingga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Hal ini dapat terjadi karena mikroorganisme yang terdapat pada limbah cair tidak dapat bekerja secara maksimal karena kurangnya oksigen yang masuk ke dalam air.

2.1.1. Karakteristik Air Limbah

Jenis dan tingkat kandungan bahan pencemar di dalam limbah cair akan sangat mempengaruhi dan menentukan karakteristik dari limbah tersebut. Karakteristik limbah cair pada prinsipnya dapat dibagi menjadi empat, yaitu (Kasmidjo, 1991)

a. Parameter kimia anorganik.

Beberapa parameter yang telah digunakan adalah keasaman dan alkalinitas, kesadahan, logam-logam halogen, nitrogen (berupa sulfida, sulfat, atau thio sulfat), fosfat, dan sianida.

b. Parameter kimia organik

Kecuali untuk memonitor senyawa organik yang bersifat racun, parameter organik biasanya dimasukkan untuk mengetahui bahan pencemar (limbah) dalam menyerap oksigen dalam proses perombakannya, seperti BOD, COD.

c. Parameter biologi

Pencemaran biologi oleh mikrobia penyebab penyakit (*patogen*) biasanya dinyatakan dengan perkiraan jumlah terdekat (*MPN*) bakteri bentuk Coli. Kelompok bakteri bentuk Coli sebagai indikator mikrobia patogen

dikarenakan bahwa bakteri ini berasal dari usus dan mempunyai ketahanan hidup di dalam air yang cukup lama.

d. Parameter fisika

Yang termasuk di dalam parameter ini antara lain : Radioaktifitas, warna, kekeruhan, suhu, total residu penguapan, daya hantar listrik, kadar zat padat tersuspensi, dan kadar zat padat terlarut.

2.1.2. Sifat-Sifat Air Limbah

Kualitas air merupakan karakteristik air yang dicerminkan oleh parameter kimia organik, kimia anorganik, fisik, biotik, dan radioaktif bagi perlindungan dan pembagian air untuk berbagai peruntukkan tertentu (*Anonim, 1990*)

Pencemaran air dapat disebabkan karena limbah yang masuk kedalam danau, sungai, estuaria, perairan pantai, laut bebas atau badan air lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air. Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah, perlu diketahui secara mendalam tentang kandungan yang ada didalam air limbah dan juga sifat-sifatnya. (*Soegiharto, 1987*), membedakan air limbah berdasarkan atas sifatnya, yaitu sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologisnya.

a. Sifat fisik air

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik air limbah tersebut. Termasuk sifat fisik yang penting antara lain

adalah kandungan zat padat, kejernihan, suhu, warna dan bau (*Mahida, 1984*), juga menganalisis kekeruhan dalam uji coba terhadap sifat fisik air.

b. Sifat kimia air

Kandungan bahan kimia yang terdapat dalam air limbah dapat merugikan lingkungan dalam berbagai cara. Bahan kimia dan limbah dapat merubah pH, alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrisi kimia (*Dix, 1981*). Pemeriksaan kimia air selain meliputi tolak ukur konsentrasi hidrogen ion (pH), alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrisi kimia seperti zat organik, amoniak, nitrogen, nitrat, nitrit, sulfida, khlorida, dan kimia toksis juga menganalisis kandungan oksigen terlarut, BOD, dan COD. Namun demikian (*Mahida, 1984*) mengatakan bahwa penentuan konsentrasi hidrogen ion (pH), dan kebutuhan khlor bukan merupakan uji coba baku.

c. Sifat biologi air

Indikator biologis di dalam air dan air limbah yang digunakan sebagai indikator adanya pertumbuhan bakteri patogen.

2.1.3. Dekomposisi Air Limbah

(*Sugiarto, 1987*) menjelaskan, air limbah yang dibuang ke alam (baik tanah maupun badan air) akan mengalami proses dekomposisi secara alami yang dilakukan oleh mikroorganisme baik organik yang terdapat dalam air limbah dapat menjadi bahan yang stabil dan diterima oleh lingkungan. Namun alam

memiliki keterbatasan dalam melakukan proses tersebut apabila jumlah limbah yang dibuang melebihi kemampuannya (daya dukungnya).

Proses dekomposisi air limbah seperti diuraikan di atas dapat diuraikan sebagai berikut :

1) Secara Anaerobik

Bahan organik terlarut akan dirombak/ diuraikan/ dibusukkan oleh bakteri Anaerob (yang dapat hidup tanpa adanya O_2 = oksigen) menjadi senyawa organik sederhana seperti :

- Karbon dioksida (CO_2)
- Metan (CH_4)
- Hydrogen Sulfida (H_2S)
- Amonia (NH_3) dan Gas-gas bau

Dalam proses ini air limbah menjadi keruh, kotor, berbau busuk, serta terjadi pengendapan lumpur cukup besar. Proses perombakannya berjalan dalam waktu yang cukup lama.

2) Secara Aerobik

Bahan organik terlarut akan dirombak/ diuraikan/ dibusukkan oleh bakteri Aerob (hidupnya memerlukan O_2) dan Fakultatif menjadi energi, gas, bakteri baru dan bahan buangan akhir yang stabil seperti :

- Karbon dioksida (CO_2)
- Nitrat (NO_3)
- Sulfat (SO_4)
- Senyawa organik stabil

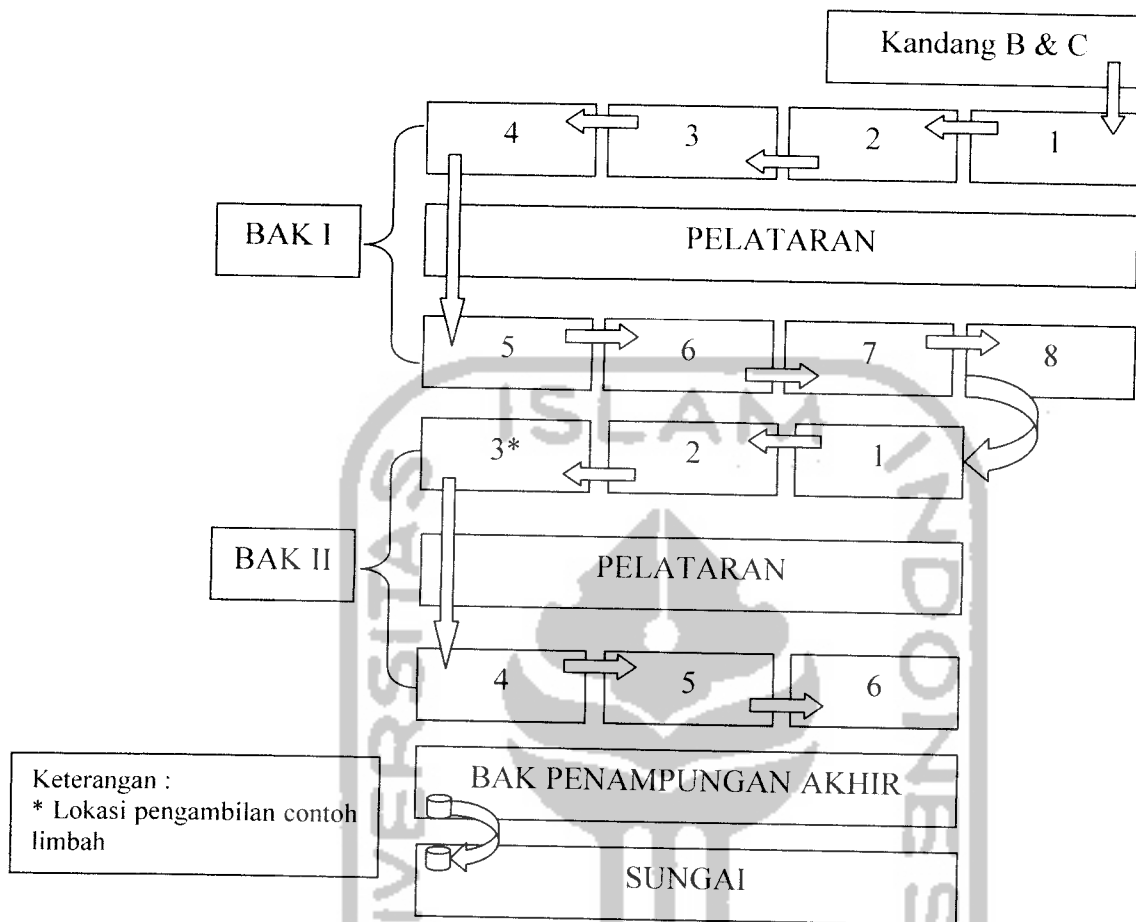
Proses perombakan/ penguraian/ pembusukkan biologis dilakukan oleh bakteri Aerob dengan menggunakan/ memanfaatkan O_2 (yang terlarut dalam air limbah untuk mengoksidasi bahan organik terlarut sampai semuanya terurai secara lengkap.

Agar proses pembusukkan biologis dapat berjalan dengan baik maka diperlukan O_2 yang terlarut dalam air limbah dalam jumlah cukup besar.

2.1.4 Sumber Air Limbah

Pencemaran yang terjadi pada lingkungan perairan berasal dari beberapa sumber. Di dalam media air tawar dipenuhi oleh substansi-substansi yang berasal dari tiga sumber, yaitu pencemar-pencemar domestik, pencemar-pencemar industri, dan pencemar-pencemar pertanian. Pencemar-pencemar tersebut pada umumnya merupakan hasil dari kegiatan domestik, industri, dan pertanian. Limbah tersebut ada yang berupa padatan, limbah yang berupa bahan padat dibagi menjadi limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik meliputi protein, karbohidrat, dan lemak, sedangkan limbah anorganik terdiri dari butiran garam dan metal (*Sugiharto, 1987*).

Pada penelitian ini, limbah cair diambil dari CV. Lembah Hijau Multifarm (LHM) Solo, Jawa Tengah. Adapun lokasi pengambilan contoh air dapat dilihat pada diagram pengolahan dibawah ini :



Gambar 2.1 Lokasi Pengambilan Air Limbah

2.2 Membran Keramik

Membran keramik merupakan suatu proses penyaringan air (dalam penelitian ini adalah air limbah peternakan sapi) dimana air yang akan diolah ditampung pada suatu media proses yaitu reaktor *membran keramik*. Dengan bantuan pompa dialirkan ke reaktor, sehingga diharapkan air yang masuk ke dalam reaktor dapat merembes melewati pori-pori dinding reaktor. Hal ini dipengaruhi oleh kombinasi campuran antara tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji yang dapat menurunkan konsentrasi air limbah domestik.

Mekanisme Proses yang terjadi dalam proses penyaringan adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah antara lain:

- a. Proses penyaringan adalah proses pemurnian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah-celah diantara butiran pasir (pori) yang berlangsung diantara permukaan pasir.
- b. Proses sedimentasi adalah proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan berbentuk hanya pada dasar bak, sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.
- c. Proses adsorpsi atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan. Media pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif
- d. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
- e. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena

keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi. Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya *van der Waals* dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

Mekanisme Adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Pada proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan antara lain:

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya), (Reynolds, 1982).

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar. Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (*Tchobanoglous, 1991*).

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (*Reynolds, 1982*).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorben.

2.2.1. Keramik

Keramik berasal dari bahasa Yunani “Keramos” yang berarti periuk atau belanga yang dibuat dari tanah (*Asuti, 1997*). Yang dimaksud dengan keramik adalah segala macam benda yang dibuat dari tanah liat, setelah kering kemudian dibakar hingga pijar sampai suhu tertentu, setelah itu didinginkan sehingga menjadi keras. Menurut golongannya, keramik dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu :

1. Keramik bakaran rendah (gerabah lunak)

Keramik bakaran rendah adalah semua bahan keramik yang dibakar dan dapat mencapai suhu pembakaran antara 900°C sampai 1050°C, misalnya keramik Plered Purwakarta, Kasongan, Keramik Pejaten, Bali dan lain-lain. Keramik bakaran rendah pada umumnya berpori (*porous*), sehingga air di dalamnya dapat merembes keluar melalui pori-pori dindingnya.

Sering kita jumpai sebuah kendi terbuat dari tanah liat merah setelah diisi air tampak basah bagian dinding luarnya.

2. Keramik bakaran tinggi (gerabah keras)

Keramik bakaran tinggi adalah semua barang keramik yang dibakar hingga mencapai suhu pembakaran antara 1250°C dan 1350°C atau lebih. Yang termasuk dalam kelompok gerabah keras diantaranya adalah *stoneware* (lempung batu) dan porselen. Pada umumnya barang-barang keramik hasil dari bakaran tinggi sangat baik untuk tempat menyimpan air, jelasnya air tidak akan merembes keluar dari dinding keramik yang diisi air itu, karena tidak berpori-pori. Bila dipukul-pukul suaranya berdending nyaring serta tidak akan mudah pecah bila saling bersentuhan dengan benda lainnya. Benda-benda porselen dapat dibuat setipis mungkin, seperti misalnya cangkir porselen yang biasa kita pakai untuk minum tipis sekali sehingga dapat ditembus cahaya lampu.

2.2.2 Bahan Baku Keramik

Bahan baku untuk produk-produk keramik berupa bahan alami yaitu bahan-bahan asli yang berasal dari alam dan belum mengalami proses pengolahan oleh manusia. Bahan pembuat keramik berupa bahan plastis dan bahan non plastis. Yang termasuk bahan plastis antara lain adalah *kaolin*, *ball clay* (tanah bola), *stone ware clay* (tanah benda batu), *earthen ware clay* (tanah batu merah), *fire clay* (tanah api) dan *bentonit*, sedangkan bahan non plastis antara lain *silika* (SiO_2) disebut juga *glass former*, *flint* (SiO_2), *fedspar* ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$),

Kapur/ *calcite* dan *magnesit* (CaO dan MgO), *aluminium* (Al_2O_3), *talk* ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) *chamotte* atau *Grog*, *cornwall stone*, *nepheline syenite* ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$), *ptalite/lithium feldspat* ($\text{Li}_2\text{O}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$), dan *stone ash/calcium phosphate* ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Dalam penelitian ini bahan baku keramik terdiri dari komposisi tanah lempung (liat) lokal, pasir kuarsa dan serbuk gergaji.

1. Mineral Lempung

a. Susunan Tanah Lempung

Mineral lempung adalah mineral yang mempunyai komposisi silikat terhidrat aluminium dan magnesium dan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- 1) Berukuran lebih kecil dari 0,002 m
- 2) Struktur terutama berbentuk lapisan dan sebagian kecil berbentuk rantai.
- 3) Berdosiasi permukaan.

Beberapa lempung terdiri dari sebuah mineral tunggal, tetapi ada juga yang tersusun dari campuran beberapa mineral lempung. Beberapa bahan lempung mengandung variasi dari sejumlah mineral non lempung seperti kuarsa, kalsit, pirit dan *feldepar* yang merupakan contoh-contoh penting. Selain itu juga, mengandung bahan-bahan organik dalam air (*Grim, 1953*).

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan aluminium oktahendra. Setiap unit tetrahedra (berisi empat) terdiri dari empat

atom oksigen mengelilingi satu atom silicon. Kombinasi dari unit-unit silica tetrahedra membentuk lembaran silica (*silica sheet*).

b. Klasifikasi Mineral Lempung

Berdasarkan struktur mineral lempung dapat diklasifikasikan sebagai berikut (*Grim, 1953*) :

1) Amorf

Kelompok alofan

2) Kristalin

a. Tipe dua lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh satu lapisan silica tetrahedra dan satu lapisan aluminium oktahedra).

i. Ekuidimensional

Kelompok kaolinite: kaolinite, nactrite, dictrite

ii. Memanjang

Kelompok halloysite

b. Tipe tiga lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh dua lapisan silica tetrahedron dan satu pusat lapisan dioktahedral atau triohtedral).

i. Kisi yang mengembang

▪ Ekuidimensional

Kelompok montmorillonite: montmoriloni, saukonit, vermikulit

- Memanjang

Kelompok montmorillonit: nontronit, saonit, hektorit

- ii. Kisi yang tidak mengembang

Kelompok illite

- c. Tipe lapisan campuran yang teratur (susunan yang teratur pada lapisan yang bergantian dari tipe yang berbeda).
- d. Tipe struktur rantai (rantai yang mirip *hornblende* pada silica tetrahedron yang mengandung atom Al dan Mg).

Kelompok miselaneous: Atapulgit, sepiolite, poligorskit.

c. Sifat Fisik Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat sebagai berikut

(Grim, 1953):

1) Flokulasi dan Deflokulasi

Flokulasi dan deflokulasi melukiskan keadaan agregasi dari butir-butir lempung bila bercampur dengan air, lempung-lempung kering atau mineral lempung dengan cepat akan menyerap air, dan air yang terserap itu akan mengendap dengan pemanasan 100-200°C.

Flokulasi adalah proses penggumpalan butir-butir lempung menjadi gumpalan yang lebih besar, sedangkan deflokulasi merupakan kebalikannya yaitu proses dispersi gumpalan-gumpalan menjadi bagian-bagian yang kecil

2) Plastisitas

Plastisitas adalah sifat yang memungkinkan lempung dapat diberi bentuk tanpa rekahan-rekahan dan bentuk tersebut akan tetap setelah gaya pembentuknya dihilangkan.

3) Thixoptropy

Thixoptropy atau daya bersuspensi adalah suatu sifat mineral lempung atau material lempung yang bila bercampur dengan suatu cairan akan membentuk suspensi. Sifat ini berkaitan dengan keplastisan.

4) Tekstur mineral lempung

Tekstur mineral lempung meliputi ukuran dan bentuk partikel lempung yang mempengaruhi keplastisan, kekuatan, mekanis, kemudahan pada pengeringan dan karakter produk setelah dibakar.

5) Warna lempung

Warna lempung ditentukan oleh kandungan senyawa-senyawa besi atau bahan-bahan karbon, kadang-kadang juga mineral mangan dan titan dalam jumlah yang cukup bisa mempengaruhi warna pada lempung.

6) Kekuatan panas pada mineral lempung

Mineral lempung akan kehilangan air pori-pori bila dilakukan pemanasan diatas suhu 150°C , sedangkan pemanasan pada suhu $400-900^{\circ}\text{C}$ air akan meloncat ke atas dari kisi-kisi sebagai

kelompok OH dan struktur kristal akan terhancurkan sebagian atau berubah.

d. Sifat Kimiawi Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat kimiawi sebagai berikut :

1. Pertukaran ion

Salah satu sifat yang penting dari mineral lempung adalah pertukaran elektrik pada partikel dengan mineral lempung akan menarik kation dan anion melalui cara penukaran atau menetralsisir, artinya dengan mudah digantikan oleh anion dan kation lain saat kontak dengan ion-ion lain pada larutan yang encer (*Olphen, 1963*).

2. Interaksi dengan air

a. Sifat hidrasi pada kandungan air yang relatif rendah

Sifat mineral lempung dalam air adalah kompleks dan penting sekali. Sifat ini mempertimbangkan penyerapan air oleh mineral lempung dari suatu keadaan yang relatif kering, yaitu interaksi terjadi ketika molekul air melekat pada permukaan partikel atau berhubungan dengan kation yang dapat berpindah. Penyerapan air oleh mineral lempung dapat terjadi baik oleh hidrasi permukaan kristal ataupun pertukaran kation (*Olphen, 1963*).

b. Kandungan air yang tinggi (sifat lempung koloid)

Pengembangan osmosis pada ruang antar lapisan relatif besar diperlihatkan oleh bentuk pertukaran Na^+ dan Li^+ pada montmorilonit yang dapat dijelaskan dari teori lapisan ganda elektrik. Dasarnya adalah lapisan lempung berharga negatif menyebabkan penarikan kation dan penolakan anion (Olphen, 1963).

c. Interaksi dengan bahan organik

Beberapa molekul organik yang terdapat di air, dapat dengan mudah diserap oleh mineral lempung. Pada beberapa kejadian, terutama untuk molekul organik tak terkutub, kekuatan interaksinya relatif lemah hanya dengan penyerapan secara fisik. Ikatan antara mineral lempung dan bahan organik terjadi melalui :

- i. Ikatan hidrogen
- ii. Kekuatan ion dwi kutub
- iii. Pertukaran kation
- iv. Pertukaran anion

Pada lempung-lempung yang kering, muatan negatif di permukaan dinetralkan oleh adanya *exchangeable cation* (ion-ion positif yang mudah diganti) lempung tersebut dan terikat pada partikel oleh gaya tarik menarik elektrostik. Bila air kemudian ditambahkan pada lempung tersebut, kation-kation

dan sejumlah kecil anion-anion (ion-ion bermuatan negatif) akan “berenang” diantara partikel-partikel itu. Keadaan seperti ini disebut sebagai lapisan ganda terdifusi (*diffuse double layer*).

e. Permeabilitas Tanah (Lempung)

Permeabilitas didefinisikan sebagai bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang cair atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara yang satu dengan yang lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan energi tinggi ke titik energi yang lebih rendah. (*Christady, 2002*).

Untuk tanah lempung yang dibuat gerabah mengalami perlakuan seperti pemadatan, pengeringan, pembakaran. Gerabah yang masih mentah pori-porinya lebih kecil, karena pori lempung berisi air dan udara, setelah mengalami pembakaran air dan udara menguap sehingga pori melebar.

f. Porositas Tanah (Lempung)

Porositas merupakan sejumlah ruang pori-pori yang berisi air dan udara. Ruang pori-pori ini menjadi penting karena di dalamnya air dan udara bebas bergerak. Banyaknya air yang bergerak melalui tanah lempung berkaitan erat dengan jumlah dan ukuran pori-pori tanah.

Banyaknya ruang kosong di dalam tanah tergantung pada butir-butir, semakin besar butir-butir semakin besar pula ruang pori demikian juga sebaliknya (*Kartasapoetra, 1991*). Menurut Sarwo Hardjowigeno

udara dan air mengisi pori-pori tanah. Banyaknya pori-pori $\pm 50\%$ dari volume tanah, sedangkan jumlah air dan udara berubah-ubah.

2. Pasir Kuarsa

Dalam penelitian ini pasir kuarsa digunakan sebagai komposisi campuran dalam pembuatan reaktor *membran keramik*. Pasir kuarsa mempunyai beberapa sifat cukup spesifik, sehingga untuk pemanfaatannya yang maksimal diperlukan pengetahuan yang cukup mengenai sifat-sifatnya. Sifat tersebut antara lain:

- a. Bentuk butiran pasir. Bentuk butiran pasir dapat dibagi 4 (empat) macam yaitu : membulat (*rounded*), menyudut tanggung (*sub-angular*), menyudut (*angular*), dan gabungan (*compound*). Pasir yang berbentuk bundar memberikan kelolosan yang lebih tinggi daripada bentuk yang menyudut.
- b. Ukuran butiran pasir. Butiran pasir yang berukuran besar/kasar memberikan kelolosan yang lebih besar sedangkan yang berbutir halus memberikan kelolosan yang lebih rendah. Pasir yang berbutir halus mempunyai luas permukaan yang lebih luas.
- c. Sebaran ukuran butiran pasir, dapat dibagi menjadi 4 macam, yaitu :
 1. Sebaran ukuran butir sempit, yaitu susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2 (dua) macam saja.
 2. Sebaran ukuran butir sangat sempit, yaitu 90 % ukuran butir pasir terdiri dari satu macam saja.

3. Sebaran butir pasir lebar, yaitu susunan ukuran butir terdiri dari kurang lebih 3 (tiga) macam.
 4. Sebaran ukuran butir pasir sangat lebar, yaitu susunan ukuran butiran pasir terdiri dari lebih dari tiga macam.
- d. Susunan kimia, beberapa senyawa kimia yang perlu diperhatikan dalam pasir kuarsa adalah SiO_2 , Na_2O , CaO , Fe_2O_3 . Kandungan SiO_2 dipilih setinggi mungkin dan kandungan senyawa yang lain serendah mungkin. Makin tinggi kandungan SiO_2 makin tinggi daya penyerapannya.

Secara umum pasir kuarsa Indonesia mempunyai komposisi :

- a. SiO_2 : 35.50 - 99.85 %
- b. Fe_2O_3 : 0.01 – 9.14 %
- c. Al_2O_3 : 0.01 – 18.00 %
- d. CaO : 0.01 – 0.29 %

3. Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji digunakan sebagai campuran dalam pembuatan reaktor *membran keramik*. Serbuk gergaji merupakan limbah yang selalu ada pada tiap industri pengolahan kayu. Pada industri penggergajian, serbuk gergaji yang dihasilkan berkisar 11-15%, sedang pada industri kayu lapis dan molding biasanya lebih kecil. Besarnya persentase limbah serbuk gergaji yang dihasilkan pada proses pengolahan kayu seperti penggergajian, tergantung dari beberapa faktor seperti jenis kayu, tipe

gergaji, tebal bilah gergaji (*kerf*), diameter log, kualitas yang ingin dihasilkan dan lain-lain.

Serbuk gergaji umumnya banyak dimanfaatkan untuk bahan baku tungku pemanas atau bila diperkirakan akan menguntungkan, dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan papan partikel. Juga ada yang dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan di persemaian. Selain itu, serbuk gergaji dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan briket arang.

2.2.3 Pembuatan Keramik

Pembuatan keramik dimulai dari proses pengolahan tanah, pembentukan badan keramik, pengeringan, penyusunan dalam tungku pembakaran.

1. Pengolahan bahan baku.

Bahan pembuat keramik harus diolah terlebih dahulu sebelum bahan siap dibentuk karena hampir semua bahan alami murni mengandung banyak *grit*. Pemisahan dapat dilakukan secara manual atau secara mekanis. Bahan-bahan keramik alam dihancurkan, disaring dan diambil ukuran butir bahan yang dikehendaki. Penyaringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering.

2. Pembentukan badan keramik

Pembentukan badan keramik ada beberapa cara antara lain *die pressing*, *rubbermold pressing*, *extrusion molding*, *slip testing* dan *injection*

molding (Ichinose, 1997). Die Pressing (tekan mati) digunakan pada bahan pembuat tepung dengan kadar cairan 10-20% dan cukup menjadi padat dengan tekanan. Produknya antara lain ubin lantai dan ubin dinding. *Rubber mold pressing* digunakan pada bubuk padat seragam. Disebut *rubber mold pressing* karena penggunaan cetakan yang seperti sarung dari batu penggosok. Bahan diletakkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan tekanan hidrostatik dalam ruang.

Ektrusion molding merupakan pembentukan bahan dengan menggunakan menggeser campuran bahan plastis kaku pada lubang mati, contoh produknya adalah pipa selokan dan ubin lekuk. *Slip casting* dipakai jika larutan bahan cukup encer dan dimanfaatkan untuk membuat barang-barang yang cukup banyak. *Injection molding* merupakan teknik pembuatan badan keramik dengan cara menekan bahan keramik pada cetakan.

3. Pengeringan

Pengeringan disini dimaksudkan untuk menghilangkan apa yang disebut dengan plastisnya saja, sedang air yang terikat dalam molekul tanah liat (air kimia) hanya bias dihilangkan melalui pembakaran. Tujuan dari pembakaran adalah untuk memberikan kekuatan kepada barang-barang mentah sehingga dapat disusun dalam tungku dan menghilangkan air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran-kesukaran dalam proses pembakaran. Kerusakan yang dapat terjadi antara lain perubahan bentuk dan retak-retak

Beberapa cara pengeringan yang dapat dilakukan antara lain diangin-anginkan, dipanaskan dalam alat khusus dan membungkus benda dengan kain yang agak basah (Astuti, 1997). Pada pembuatan keramik dengan teknologi maju, proses pengeringan ini dilakukan langsung dengan proses pembakaran.

4. Pembakaran

Proses pembakaran bahan keramik sering juga disebut *Sinering processes*. Suhu yang dipakai dalam pembakaran sangat tergantung dari metode, bahan yang akan dibakar dan benda hasil bakar. Sebagai contoh pada metode standar *pressure sintering* dengan materi dasar Si_3N_4 memerlukan suhu 1700°C - 1800°C pada gas Nitrogen (N_2). *Hot pressing* dengan bahan dasar Si_3N_4 memerlukan suhu 1700°C - 1800°C dengan tekanan 200-500 Kg/cm^2 . *Reaction sintering* dengan bahan dasar SiO_2 dibakar pada suhu 1350°C - 1600°C . *Chemical vapor deposition (CVD)* dengan bahan dasar SiH_4 dan NH_3 dipanaskan pada suhu 800°C - 1400°C . Selain itu masih ada metode-metode lain seperti *Hot Isolatic Press (HIP)*, *atmospheric pressure sintering*, *Ultra high pressure sintering*, *Post reaction sintering* dan *recrystallization sintering* (Ichinose, 1987).

Dalam proses pembakaran, jenis air yang harus dihilangkan adalah air suspensi, air antar partikel, air pori antar partikel setelah pengerutan, air terserap (*adsorpsi*) pada partikel dan air kisi dalam struktur kristalnya (Hartono, 1992).

Tahap dalam pembakaran dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Tahap penghilangan uap

Suhu bakar tahap ini berlangsung dari awal sampai sekitar suhu 500°C. Tujuannya adalah untuk menghilangkan molekul-molekul air pada bahan, membakar unsur karbon dan unsur organik bahan. Pembakaran harus dilakukan perlahan-lahan sampai semua molekul air hilang, jangan sampai ada molekul air yang terjebak dalam bahan karena akan terjadi letupan yang merusak bahan. Pada suhu 300°C-400°C zat-zat organik dan unsur karbon akan terbakar habis.

2) Tahap penggelasan

Setelah air dalam bahan habis, suhu dapat ditingkatkan sedikit demi sedikit. Pembakaran suhu yang paling menentukan adalah pada suhu 573°C. Pada suhu ini tungku pembakaran mulai menjadi merah panas dan terjadi penggantian fisik silika. Pada proses pendinginan suhu 573°C juga merupakan titik kritis, sehingga sering disebut sebagai *inverse kwarsa*. Setelah suhu mencapai 600°C tingkat bakar dapat dipercepat sampai terbentuk sinter (kilau) dari bahan yaitu terjadi pada suhu 900°C-1200°C.

3) Tahap pendinginan

Pendinginan dilakukan perlahan-lahan, setelah suhu bakar yang dikehendaki tercapai. Jika suhu pembakaran dihentikan maka suhu tungku akan turun sedikit demi sedikit, sampai pada suhu kamar. Penurunan suhu yang demikian bertujuan untuk menghindari

terjadinya keretakan pada keramik dan menjaga kondisi tungku bakar (Astuti, 1997). Untuk tungku bakar yang bagus disediakan fasilitas pendingin dengan mengalirkan udara.

Perubahan komposisi kaolin dalam pembakaran adalah sebagai berikut

Tabel 2.1 Perubahan Komposisi Kaolin Dalam Pembakaran

Temperatur	Peristiwa yang Terjadi
30 -150°C	- Penguapan air mekanis dan air terserap
500 – 600°C	- Penguapan air mineral/ air kimia/ air kristal dari mineral lempung kaolinit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
850 – 1050°C	- Terjadi reaksi eksotermal ketika terjadi reaksi peruraian keseimbangan (<i>disosiasi</i>) membentuk Mullite dan Trydimite $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \rightarrow 3\text{AlO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \text{ (amorph)} + 4\text{SiO}_2 \text{ (trydimate)}$
1350°C	- Kristalisasi awal dari mineral Mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)
1470°C	- Tyrdimite berubah menjadi Crystobalite stabil (SiO_2)
1470 + 1790°C	- Keseimbangan Mullite-Crystobalit
+ 2000°C	- Melebur

2.3 Parameter Yang Akan Diteliti

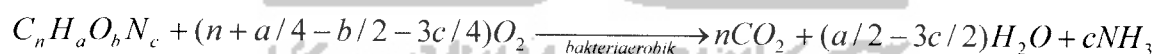
Pada penelitian ini parameter yang akan diteliti adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solid* (TSS).

2.3.1 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD (*Biological Oxygen Demand*), atau kebutuhan oksigen biologis, adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk mendegradasi bahan buangan organik yang terdapat dalam air tersebut.

Dekomposisi bahan organik pada dasarnya terjadi melalui dua tahap. Pada tahap pertama, bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Pada tahap kedua, bahan anorganik yang lebih stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat (*nitrifikasi*). BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, kanji, glukosa, aldehida, ester, dan sebagainya. Bahan organik merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati atau hasil dari buangan limbah seperti limbah cair peternakan sapi.

Proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme atau oleh bakteri aerobik adalah sebagai berikut :



Seperti tampak pada reaksi diatas, bahan buangan organik dipecah dan diuraikan menjadi gas CO₂, air dan gas NH₃. Timbulnya gas NH₃ inilah yang menyebabkan bau busuk pada air yang telah dicemari oleh bahan buangan organik.

Reaksi tersebut diatas memerlukan waktu yang cukup lama kira-kira 10 hari dalam waktu 2 hari mungkin reaksi telah mencapai 50% dan dalam waktu 5 hari mencapai sekitar 75%. (*Wisnu Arya W, 2001*). Bila dibandingkan

dengan reaksi COD yang hanya memakan waktu sekitar 2 jam, maka reaksi uji BOD ini relatif sangat lambat karena tergantung pada kerja bakteri.

Pengukuran BOD

Studi kinetika reaksi BOD memperlihatkan bahwa reaksi ini mengikuti orde pertama atau laju reaksi sebanding dengan jumlah organik teroksidasi yang tersisa pada waktu tertentu yang dilakukan oleh populasi dimana variasi yang terjadi relatif kecil, laju dikontrol oleh jumlah makanan yang tersedia untuk organisme dan diekspresikan sebagai berikut :

$$\frac{-dC}{dt} \propto C \text{ atau } \frac{-dC}{dt} = k' C \quad (\text{Pers. 2.1})$$

Dimana C : konsentrasi bahan organik awal teroksidasi pada waktu awal reaksi

T : lamanya reaksi berjalan

k' : konstanta laju reaksi

Persamaan diatas menunjukkan bahwa laju reaksi secara perlahan berkurang jika konsentrasi bahan makanan atau bahan organik, C berkurang.

Dalam berbagai kasus, lebih diutamakan nilai BOD yang biasa ditentukan oleh aktual dengan pengukuran oksigen terlarut. Seringkali dinyatakan sebagai BOD 5 hari atau BOD pada waktu tertentu lainnya. Hal ini dinyatakan sebagai :

$$y = L(1 - 10^{-kt}) \quad (\text{Pers. 2.2})$$

Dengan y = BOD pada waktu t, L = BOD total atau ultimat. Nilai k harus ditentukan berdasarkan percobaan.

Selain itu untuk memperkirakan pengaruh konsentrasi adanya mikro organisme diadakan dilusi dan penambahan mikro organisme (seeding) dengan cara ini BOD dapat dihitung dengan persamaan :

$$BOD = \frac{D_1 - D_2}{P} \text{ mg/l} \quad (\text{Pers.2.3})$$

Dimana D_1 : DO dilusi sebelum inkubasi

D_2 : DO setelah inkubasi

P : dilusi sample

2.3.2. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS adalah jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron (*Sugiharto, 1987*).

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ion yang terlarut. Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel. Perbedaan antara kedua kelompok zat yang ada dalam air alam cukup jelas dalam praktek namun kadang-kadang batasan itu tidak dapat dipastikan secara definitif. Dalam kenyataan sesuatu molekul organis polimer tetap bersifat zat yang terlarut, walaupun panjangnya lebih dari 10 μm , sedangkan beberapa jenis zat padat koloid mempunyai sifat dapat bereaksi seperti sifat zat-zat yang terlarut.

Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan, materi inipun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan saringan (*filter*) air biasa.

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (*efek tyndall*) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (*presipitasi*) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang.

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, kwarts) dan organis (protein, sisa makanan dan ganggang, bakteri). Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa

sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti pada keterangan dibawah ini :

Zat padat total , terbagi menjadi dua :

- Zat padat terlarut
- Zat padat tersuspensi, terbagi menjadi dua :
 1. Zat padat tersuspensi Organik
 2. Zat padat tersuspensi Inorganik

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklarifikasikan sekali lagi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya. Penentuan zat padat terendap ini dapat melalui volumenya, disebut Analisa Volume Lumpur (sludge volume), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*). Dimensi dari zat-zat padat diatas adalah dalam mg/L atau g/L, namun sering pula ditemui % berat yaitu kg zat padat / kg larutan, atau % volum yaitu dm^3 zat padat/liter larutan.

Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air

yang asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muaramuara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruh terhadap kesehatan pun menjadi titik langsung.

